Локализованные оптические фононы в нанопластинках ZnSe

Л.С. Басалаева¹, Т.А. Дуда¹, К.В. Аникин¹, Б.М. Саиджонов², Р.Б. Васильев², А.Г. Милёхин¹

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск,
630090, пр. ак. Лаврентьева, 13

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва,
119991, Ленинские горы, 1

тел: +7 (383) 330-8204, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: basalaeva@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSNP2021-108

В последние годы возрос интерес к наноструктурам из II-VI полупроводников благодаря перспективам их применения в оптоэлектронике и фотовольтаике [1]. ZnSe – это прямозонный полупроводник, с шириной запрещенной зоны 2,7 эВ при комнатной температуре, обладает большой энергией связи экситона, считается перспективным для различных оптоэлектронных устройств, таких как синие лазерные диоды и фотодетекторы [2]. Более того, ZnSe не содержит токсичных элементов и является альтернативой хорошо исследованным халькогенидам кадмия. На настоящий момент сообщалось о синтезировании различных нанобъектов на основе ZnSe: наносфер, наноллистов (нанопластинок), наностержней, нанотрубок и др [3, 4]. Нанопластинки привлекают к себе особое внимание исследователей, т. к. имеют сверхмалую однородную толщину в несколько монослоев, латеральный размер в десятки нанометров и обладают узкими линиями поглощения и излучения и высоким квантовым выходом [5]. Однако оптические и колебательные свойства нанопластинок ZnSe изучены недостаточно. Актуальной остается задача определения зависимости фононного спектра нанопластинок ZnSe от их латеральных размеров и структуры, поскольку фононы определяют каналы рекомбинации возбужденных носителей заряда.

В данной работе исследовался фононный спектр нанопластинок ZnSe разной толщины, синтезированных методом коллоидной химии. Для определения структурных параметров нанопластинок ZnSe использовалась просвечивающая электронная микроскопия. Нанопластинки ZnSe наносились капанием на Si подложку, покрытую тонким слоем (100 нм) золота. Затем проводился термический отжиг полученных образцов при T=140°C для удаления органики. Для измерения ИК спектров использовался ИК Фурье спектрометр Vertex 80v. ИК измерения проводились при нормальном и наклонном ($\Theta \approx 75^\circ$) падении. Измерение спектров КРС проводилось с помощью спектрометра Horiba XploRa Plus в геометрии обратного рассеяния при комнатной температуре, длины волн возбуждения составляли 532 и 638 нм.

КРС традиционно используется для изучения фононного спектра полупроводниковых структур [6]. В случае КРС нанопластинок ZnSe изучение спектров КРС затруднено, поскольку нанопластинки ZnSe оказались чрезвычайно подвержены процессам фотодеградации под действием лазерного излучения. Более того, в спектрах КРС проявляется интенсивная мода кристаллического селена на частотах, близких к частотам собственных колебаний ZnSe. Оказалось, что наиболее информативна для изучения фононного спектра является ИК спектроскопия, для которой не характерно влияние ИК излучения на структуру материала. Кроме того, в спектрах КРС моды селена запрещены правилами отбора.

В ИК спектрах отражения, регистрируемых при нормальном падении, наблюдались моды поперечных и поверхностных оптических фононов (ТО и СО моды, соответственно). При наклонном падении вследствие эффекта Берремана [7] наблюдались дополнительно продольные оптические (ЛО) моды. Показано, что при уменьшении толщины нанопластинок ZnSe наблюдается низкочастотный сдвиг фононных мод, обусловленный эффектом локализации фононов. По данным ИК спектроскопии определена толщина исследуемых нанопластинок, которая составила величину от 1 до 4 монослоев.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 18-29-20066 мк).

Литература

- [1] M. Afzaala, P. O'Brien // J. Mater. Chem. 2006. V.16. P.1597–1602.
- [2] S-Z. Kang et al. // Ceramics International. 2014, V. 40. P.699–702.
- [3] Q. Zhang et al. // Progress in Material Science. 2016. V.83. P.472–535.
- [4] P. Reiss. // New J. Chem. 2007. V.31. P.1843–1852.
- [5] Z. Chen et al. // Adv. Funct. Mater. 2014. V.24. P.295–302.
- [6] V.M. Dzhagan et al. // Journal of Physics D: Applied Physics. 2018. V.51 P.503001
- [7] D. W. Berreman //Phys. Rev. 1963. V.130. P. 2193